

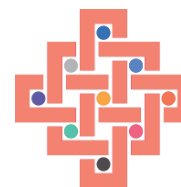
ДГКМ
ДРУШТВО НА
ГРАДЕЖНИТЕ
КОНСТРУКТОРИ НА
МАКЕДОНИЈА

Партизански одреди 24,
П.Фах 560, 1001 Скопје
Северна Македонија

MASE
MACEDONIAN
ASSOCIATION OF
STRUCTURAL
ENGINEERS

Partizanski odredi 24,
P. Box 560, 1001 Skopje
North Macedonia

MT - 12



mase@gf.ukim.edu.mk
<http://mase.gf.ukim.edu.mk>

ЕВРОКОД 7 И МЕХАНИКА НА КАРПИ: ПРОБЛЕМ ИЛИ ПРЕДИЗВИК?

Милорад ЈОВАНОВСКИ¹, Игор ПЕШЕВСКИ², Јован Бр. ПАПИЌ³

АПСТРАКТ

Набргу по стапувањето во сила на актуелниот Еврокод 7, воочени се одредени слабости кои ја ограничувале неговата широка примена и прифаќањето од страна на инженерите. Дел од нив опфаќаат отсуство на подетални инструкции околу користењето на нумеричките методи, третирањето на подземните води, димензионирањето со геосинтетици, набљудувањето итн. Воедно, актуелната верзија на Еврокодот 7 далеку повеќе и појасно внимание посветува на почвите отколку на карпите. Имајќи ги предвид изнесените точки, формирани се поголем број на т.н. групи за еволуција, чија цел била да понудат решенија и подобрувања на Еврокодот 7. Тие во изминатите години тоа и го имаат сторено, со што се поставени темелите за скорешно публикување на неговата втора генерација. При нејзината подготовка, едно од најзначајните прашања е примената на принципите за анализа разработени во механиката на карпи, како дисконтинуални средини. Во рамките на трудот се претставени новитетите што ќе бидат понудени во втората генерација на Еврокод 7 од аспект на механика на карпи, а воедно ќе бидат анализирани и можностите за дефинирање на парцијалните коефициенти, јакоста на смолкнување долж пукнатини, методологијата за формирање на модели на теренот и геотехнички модели за проектирање на конструкции во карпести маси и други прашања. Можните решенија за овие проблеми се разработени како теоретски, така и низ пресметковен пример преку кој се покажани потешкотиите и специфичностите за анализи во карпестите маси, а покрај понудените солүции, загатнати се и нови прашања.

Клучни зборови: Еврокод 7; карпести маси; модел на терен; геотехнички модел; парцијални коефициенти.

¹ Проф. д-р, Градежен факултет, Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Скопје, jovanovski@gf.ukim.edu.mk

² Вонр. проф. д-р, исто, pesevski@gf.ukim.edu.mk

³ Вонр. проф. д-р, исто, papic@gf.ukim.edu.mk

1. ВОВЕД

Во периодот од почетните идеи за Еврокод 7 (ЕК7), низ фазите на негов развој и до неговата примена, се покажа дека принципите во инженерската механика на карпи не се инкорпорирани на соодветен начин [11]. Поради тоа, во 2014 год., Комисијата на европските здруженија (Commission of the European Communities – СЕС) и Меѓународното здружение за механика на почви и геотехничко инженерство (International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering – ISSMGE), побара соработка со Меѓународното здружение за механика на карпи (International Society for Rock Mechanics and Rock Engineering – ISRM). Целта е да се даде придонес и на експертите од механика на карпи во делот на ЕК7, бидејќи е планирано иновирање со нова (втора) генерација на ЕК7 (Табела 1).

Табела 1. Планирана динамика на иновирање на Еврокод 7 (според [2])

Фаза 1, почеток на 2015		
Цел 1: Хармонизација и подготовка на реорганизирана рамка за лесна употреба на ЕК7	Цел 2: Генерални правила – Ревизија на дел 1 од ЕК7, со внимание на развој на принципи во форма слична на другите ЕК за проектирање конструкции	
Фаза 2, почеток на 2016		
Цел 3: Ревизија на ЕК7, дел 2, со фокус на повеќе практични информации за поширока употреба на методите за тестирање	Цел 4: Темели, косини и подобрување на тлото Првата “половина“ од новиот ЕК 7, дел 3, да биде посветена на практични правила за проектирање на овие конструкции	Цел 5: Потпорни конструкции, анкери и армирана земја Втората “половина“ на новиот ЕК7, дел 3, да биде посветен на овие прашања
Фаза 3, почеток на 2017		
Цел 6: Механика на карпи и Динамички аспекти на проектирање Да се дополнат сите делови на ЕК 7 со имплементирање на овие полиња кои ненамерно биле запоставени во првичните верзии		
Финален драфт, издание во почеток на 2018 Гласање за прифаќање, почеток на 2020 Нова генерација на ЕК, издание во средина на 2020		

Со цел да се остварат посакуваните цели, ISRM формира Комисија за развој на ЕК7, која во минатиот период направи напори да се приближат методите од инженерската механика на карпи кон филозофијата на проектирање во ЕК7. Очигледно е дека првичните рокови за носење на новата генерација на Еврокод 7 се веќе пробиени, иако од страна на голем број релевантни експерти се направени сериозни напори. Без навлегување во прогноза кога ќе се остварат очекувањата, во рамките на овој труд се прикажани одредени согледувања на авторите, со цел да се приближи тежината на проблемот кон стручните и научните кадри кај нас.

2. ТОЧКИ ЗА РАЗВОЈ НА ЕК7 ОД ПРИЗМА НА МЕХАНИКАТА НА КАРПИ

Во стручната јавност несомнено е утврдено дека досегашната верзија на ЕК7 многу повеќе внимание посветува на проблеми од механиката на почвите, додека механиката на карпи не е опфатена на својствен начин. Постојат повеќе причини за тоа, но во секој случај се цени дека поставките на ЕК7 во однос на инженерската механика на карпи не се доволно разработени во следните делови [11]:

- Претпоставката за распределба на параметрите на почвениот медиум не мора да важат и за карпестите маси.
- Во механиката на карпи, главно се користат нелинеарни критериуми за лом.
- Не постои јасно упатство за одредување на карактеристични вредности на карпести маси.
- Граничните состојби и моделите на лом кои се карактеристични за карпестите маси не се разработени на соодветен начин.
- Парцијалните фактори (ПФ) или не постојат или не се прилагодени за карпести маси и за дисконтинуитети во нив.
- Анизотропијата на монолити и на карпест масив не се решени во ЕК7.
- Описот на карпестите маси треба да се подобри во ЕК7, како за делот на дисконтинуитетите, така и за лабораториските и теренските тестови.
- Најпознатите класификации на карпести маси кои се користат во механиката на карпи за проектирање на објекти во карпестите маси треба соодветно да се применат во ЕК7.

Покрај нив, може да се додадат следните слаби точки на ЕК7 [7]:

- Во ЕК7 не се прикажани методи за анализа на заштитни бариери против одрони.
- Предложениот метод за проценка на носивоста на карпестите маси е во многу едноставна форма и драстично се разликува од познатите методи за аналитички пресметки.
- ПФ се однесуваат на линеарна зависност помеѓу нормалните и тангенцијалните напони, а од друга страна, критериумите на лом во механика на карпи се главно нелинеарни.
- Фиксните вредности на ПФ често не одговараат за постигнување на иста структурна сигурност за сите пристапи на проектирање.
- Презентираните три геотехнички категории во ЕК7 не се поврзани со дополнителни критериуми, кои се однесуваат на можни ризици при изградбата.
- Т.н. пропишани мерки, како еден мошне применуван метод за проектирање во механиката на карпи, не се објаснети на адекватен начин за карпестите маси.
- Предложените тестови за теренски и лабораториски методи во ЕК7, не се во согласност секогаш со предложените методи за испитување во ISRM, кои пак не се стандарди на ЕУ.

Очигледно е дека доста прашања сè уште чекаат на одговор, иако има и примери кои укажуваат дека пристапите предложени во ЕК7 во одредени земји на сличен начин веќе се имплементираат. Така, принципите на анализа на проблеми од механика на карпи се дел од Националните кодови на Норвешка (NS 348 Norwegian Council for Building Standardization) од 1988, во Канада во кодовите за проектирање на мостови (Canadian Standards Association, 2014), потоа во Шведска итн. Исто така, анализите на стабилност на карпести маси се применувани од [16], [14] и во новите верзии на една од најреномираните компании специјализирани за геотехнички софтвер – ROCSCIENCE (RocPlane, Swedge и др.) кои веќе ги инкорпорирале принципите на ЕК7.

Во делот на примена на т.н. пропишани мерки за проектирање е направен значаен исчекор преку давање на препораки за избор на соодветни Геотехнички категории (ГК) и поврзување со ризиците при градба [17]. Пристапот наликува на некои постапки разработени уште во 2001 год. од [5], каде се врши корелирање на карактеристиките на геолошката сложеност на теренот со геотехничката категорија на објект. Овој приод е искористен за разработка на предлог-постапка за дефинирање на нивото на истраги [6], [8].

Интересни се и пристапите поврзани со дефинирање на ПФ за случаи кај заштитни бариери од одрони [20], како и обидите за поврзување на ПФ со Геолошкиот индекс на јакост (GSI) [13] итн.

Примена на методот на [12] во вид на комбинација на ПФ преку познатата RMR класификација во вид на проектни дијаграми е прикажана во 2013 год. Постојат и други автори кои работеле на анализа на проблемот на носивост во карпи [15].

Сето ова укажува дека, и покрај многубројните предизвици, постигнат е и значаен напредок на ова поле, кое е и понатаму отворено за серија на анализи. Според мислење на авторите, тука е многу значаен правилен избор на модел за анализа на било кој проблем од геотехниката, при што за поздравување е што во предлозите за втората генерација на ЕК7 на ова прашање се посветува големо внимание [1]. Ова е поврзано и со потребата на блиска соработка помеѓу геолошки, геотехнички и градежни инженери.

3. МОДЕЛИРАЊЕ НА ТЕРЕНОТ ВО ЕК7 И МЕХАНИКА НА КАРПИ

Методата на моделирање е една од најраспространетите во геотехниката, а со самото тоа и во механиката на карпите. Поедноставувањата при подготовката на моделите се неопходни, бидејќи никогаш не е можно сите својства и состојби на карпестата маса да се прикажат какви што се во природата. Ова укажува дека секој модел на некој начин е идеализација и генерализација на вистинската состојба на теренот. Во новата генерација на ЕК7 се чини дека на овој проблем му се посветува големо внимание. На сл. 1 се прикажани пет основни нивоа на подготовка на еден модел [1].



Сл. 1 Видови и хиерархија на модели во втората генерација на Еврокод 7 (прилагодено и делумно дополнето, според [1])

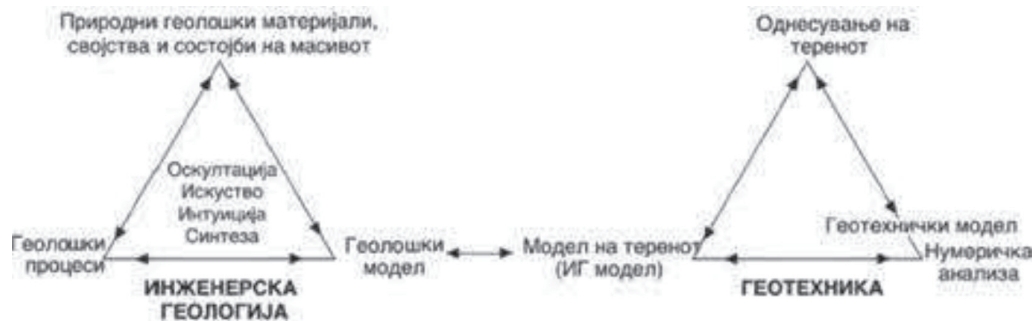
Анализата на дијаграмот од сл. 1 покажува одредени сличности, но и некои значајни дополнувања поврзани со проектните пристапи во ЕК7, споредено со постапките за моделирање во инженерската геологија и механиката на карпи. На пример, авторот ги додава термините како ПФ, пресметковен модел, карактеристични вредности итн., кои се и суштината на ЕК7. Целта е да се прикаже постапка за дефинирање на соодветен модел на теренот (англ. ground model) и соодветен геотехнички модел (англ. geotechnical model).

Во досегашната практика во инженерската геологија и механиката на карпи, многу успешно се развиени разни форми на модели. На пр., особено е развиена методологијата на инженерско-геолошко моделирање по параметри од интерес за проектирање [10]. Оваа постапка е всушност графичко претставување на некои избрани својства и состојби на карпестите маси во вид на физички приказ, кој може да биде поткрепен и со аналитички зависимости помеѓу некои од анализираните параметри.

Често се прифаќа ставот дека поимот геотехнички модел треба да се разбира во поширок смисол, како спој помеѓу теоретските и практични сознанија за својствата на природната геолошка средина и промените кои настануваат во неа под дејство на инженерската дејност [19], и каде сложениот геотехнички модел се состои од три основни видови на модели во потесен смисол:

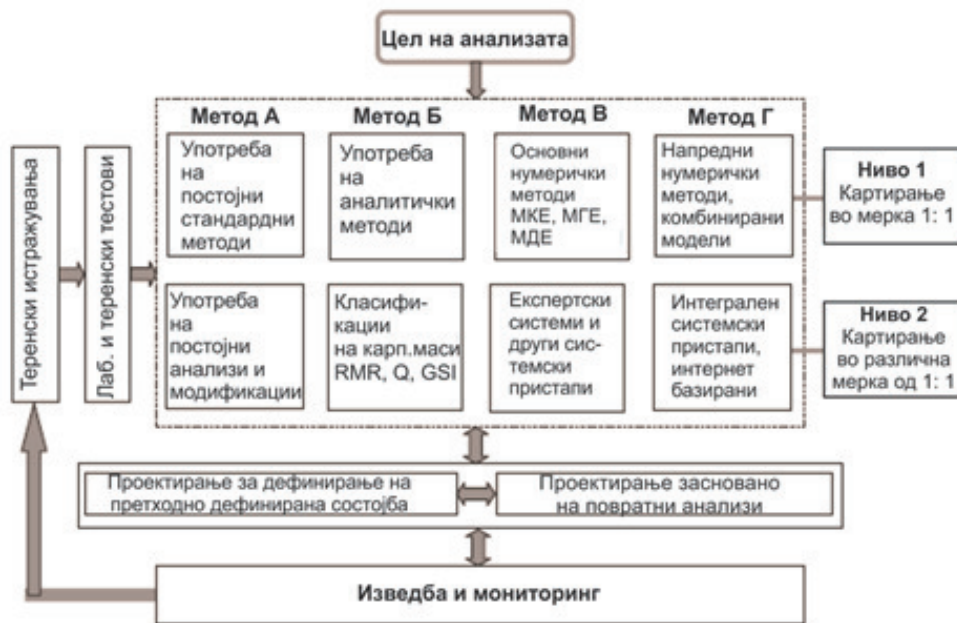
- Модел на природна геолошка средина кој се изработува во вид на инженерскогеолошки пресеци (ИГП), интегрален ИГП (ИИГП) и инженерскогеолошки модел (ИГМ);
- Модел на инженерска дејност или геотехнички модел во потесен смисол (ГМ);
- Модел на интеракција (МИ), односно модел на напонско-деформациско однесување.

Според [16], воспоставена е интересна врска за начинот на сублимирање на резултатите од различните делови на еден модел (сл. 2).



Сл.2 Врска меѓу методите на истражување и анализа во инженерската геологија и геотехниката низ т.н. инженерскогеолошки и геотехнички триаголник (според [16])

Периодов, структурата на моделите е предмет на анализа на повеќе автори, при што ISRM препорачува процес при моделирање прикажан на сл.3.



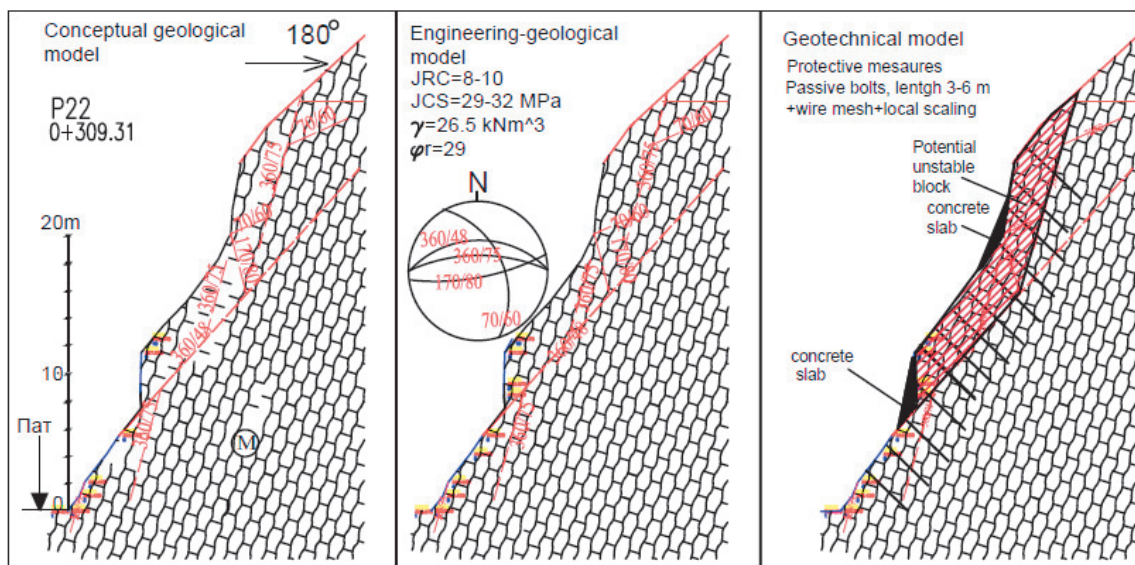
Сл. 3 Дијаграм за дефинирање на процес на моделирање во инженерската механика на карпи според Фенг и Хадсон (преземено од [3]).

Како што може да се заклучи од прикажаните слики, јасно е дека сите видови на модели треба да се надоврзуваат еден на друг, со цел низ неколкуфазни активности во различни фази на истражување и проектирање, да се овозможи што подобро дефинирање на системот во интеракција карпеста маса – објект. При неговото формирање треба да се знае дека не само што својствата и состојбите на карпестите маси влијаат врз елементите на инженерската дејност, туку

и изведбата на објектите има соодветно влијание врз карпестата маса. Според мислење на авторите, природот на Бонд (2019) може да биде споен елемент за приближување на постапките во ЕК7, инженерската геологија и механиката на карпи. На некој начин, преку тоа се истакнува повеќедимензионалноста на геотехниката, и потребата од соработка на различни стручни лица. Можеби ова е и клучното прашање за успешен развој и примена на ЕК7 во иднина и на поле на механика на карпи (и обратно). Во овој контекст, во продолжение е даден пресметковен пример од каде може да се согледаат некои идеи.

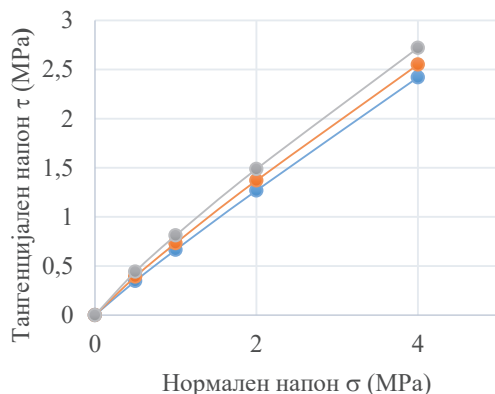
4. ПРЕСМЕТКОВЕН ПРИМЕР

При определување на соодветна пресметковна постапка (ПП) и ПФ во ЕК7, пред сè е потребно да се обезбедат стабилноста и сигурноста на објектот, но треба да се има предвид дека различните ПП со соодветни ПК не доведуваат секогаш до ист или сличен степен на сигурност. За пример со кој ќе се презентира можноста за примена на методи од механика на карпи во ЕК7 е избран еден карактеристичен засек од пристапниот пат за браната Света Петка (сл. 4).



Сл. 4 Профил 22 на пристапен пат за брана Света Петка, со изработени концептуален геолошки модел (ниво 1 од сл. 1), ИГМ (ниво 2) и ГМ (ниво 3): М - мермерни карпести маси испукани со различни системи на пукнатини (ознаки со црвена линија и елементи на пад како 360/48; 70/60) и илустрација на елементите на пад на фолијацијата 360/75, како и потенцијално нестабилен блок кој треба да се осигура

Се согледува дека концептуалниот геолошки модел на теренот (по ЕК7: ground model) во овој случај ги содржи главните елементи на литолошкиот тип на карпест масив (М) и ориентацијата на главните пукнатински системи. ИГМ (ниво 2) е надграден со податоци за волуменската тежина на масивот, коефициентите на рапавост и јакост на главните пукнатини (англ. Joint Roughness Coefficient – JRC, Joint Compressive Strength – JCS) и резидуалната јакост на смолкнување долж фолијација во вид на агол на триење (ϕ_r). ГМ (ниво 3 на сл. 1), покрај претходните елементи, содржи и елементи на заштита: комбинација на анкери и заштитна мрежа, локално зајакнати со армирано-бетонски „јастуци“. Оваа поставеност е основа за избор на геотехничкиот проектен и пресметковниот модел. Тука веќе предвид треба да се земе изборот на ПФ. Како што е веќе истакнато, ПФ во ЕК7 се поврзани со линеарна зависност помеѓу тангенцијалните и нормалните напони, а овде е применет т.н. Бартон-Бандисов критериум на лом, и тоа за параметри на рапавост и јакост кои се прикажани на сл. 4, но редуцирани за ниво на карпест масив (JRC_m и JCS_m) (сл. 5 и сл. 6). Еден од начините за надминување на овој проблем е прикажан во [18].

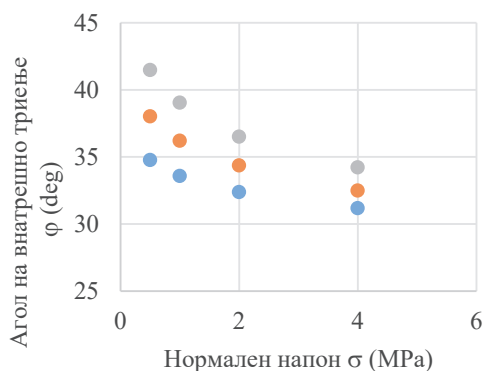


$$\tau = \sigma_n \operatorname{tg} \left[JRC \cdot \log \left(\frac{JCS}{\sigma_n} \right) + \varphi_r \right]$$

$$\varphi_r = (\varphi_b - 20) + 20(r/R)$$

JRC – коефициент на рапавост на пукнатините
 JCS – коефициент на јакост на пукнатините
 φ_r – резидуален агол на триење
 φ_b – базичен агол на триење
 r – вредност на отскок со Schmidt-ов чекан за изменети пукнатински површини
 R – вредност на отскок со Schmidt-ов чекан за свежи пукнатински површини

Сл. 5 Дијаграм σ - τ за пукнатински површини кои преодредуваат можност за планарен лом со варирање на влезни параметри во Бартон-Бандисов критериум на лом [7]



$$JRC_m = JRC_o(L_m/L_o)^{-0.02 JRC_o}$$

$$JCS_m = JCS_o(L_m/L_o)^{-0.03 JRC_o}$$

JRC _o (sample range)	8 – 10
JCS _o [MPa] (sample range)	29 – 32
JRC _m (rock mass range)	5 – 6
JCS _m [MPa] (rock mass range)	14 – 18
φ_r [°]	29

Сл. 6 Варијации на аголот на триење по должина на пукнатините на ниво на карпест масив за различни нивоа на нормален напон и варирање на влезни параметри [7]

Од сл. 5 и сл. 6 се гледа дека пред избор на проектните параметри за анализа со карактеристични вредности е потребна внимателна параметарска анализа, бидејќи се можни голем број на комбинации само за аголот на внатрешно триење. Секако дека тоа е случај и со другите материјални параметри. Влијанието на нормалниот напон е, исто така, многу значајно. На пр., ако се усвои $\sigma=0,5$ МПа, проектната вредност за аголот на внатрешно триење долж пукнатини е $\varphi_p=38/1,25=30,4^\circ$ (1,25 е вредност на ПФ за агол на внатрешно триење во сегашната верзија на ЕК7). Целосно поинаква ситуација е ако $\sigma=1$ МПа, кога проектната вредност станува $\varphi_p=33,58/1,25=26,86^\circ$. Ова укажува дека ПФ може да биде реален само за одредено ниво на нормален напон, а соодветно е ако се употреби вредност која владее по рамнината на лом кај карпестата маса. Тоа е еден можен пристап за усвојување на променлив ПФ кај нелинеарните анvelope на лом и може да е предмет на некои идни анализи, а опција е изложена во [18].

При употреба на ПП за анализа, според мислење на авторите, добро е во прва фаза да се примени анализа на класите на геотехничка комплексност (GCC – Geotechnical complexity class) и класите на влијанија (CC – Consequences class), па за соодветната комбинација да се избере пристапот за анализа за одредената геотехничка категорија (GC) (Табела 2).

Во случајов, анализираниот пример би припаднал во GC3 (ознака со **црвено** во Табела 2). Ова произлегува од комбинацијата каде последиците по застој за работа на браната Света Петка и влијанија кон персоналот кој патува кон браната се високи (CC3). GCC се оценува како средна (испукани мермери, тука со присуство на една генерална квазихомогена зона: GCC2). Некои аспекти за геометриските и материјални карактеристики, како и влијанијата при формулирање на геотехнички пресметковен и проектен модел (нивоа 4 и 5 од сл. 1), се изнесени во табела 3.

Табела 2. Начин на дефинирање на GC по ЕК 7, преку комбинации на GCC и CC [21]

Класа на влијанијаCC	Класа на геотехничка комплексност (GCC)		
	Ниско (GCC1)	Средно (GCC2)	Високо (GCC3)
Високо (CC3)	GC2	GC3	GC3
Средно (CC2)	GC2	GC2	GC3
Ниско (CC2)	GC1	GC2	GC2

Табела 3. Влезни параметри и резултати од анализата на стабилност по ЕК 7

Геометрија	Slope height [cm]	H	1800.0
	Slope face angle [°]	ψ_f	65.0
	Upper surface angle [°]	ψ_s	50.0
	Sliding plane angle [°]	ψ_p	48.0
	Tension crack inclination [°]	ψ_c	76.0
	Tension crack distance [cm]	B	400.0
Материјали	Cohesion [MPa]	C	0.06
	Friction angle [°]	Φ	38.0
	Unit weight [kN/m ³]	Γ	26.50
Подземна вода	Percent filled	%	15
	Unit weight [kN/m ³]	Γ	9.81
Анкери	Angle of the dowel below the horizontal [°]	ψ_d	10.0
	Tensile strength of the steel bar [kN]	σ_{ts}	150.00
	Compressive strength of the rock and grout [MPa]	σ_{ci}	10.00
	Roughness of the surface of the joint [°]	I	0.0
	Horizontal spacing between each vertical row [cm]	S	300.0
Horizontal seismic coefficient		k_H	0,10
Vertical seismic coefficient		k_V	0,00
ПФ за ПП1, комбинација 2: A2+M2+R1		non seismic	Seismic
$\gamma_{G,unf}$		1,00	1,00
γ_c		1,25	1,25
γ_ϕ		1,25	1,25
$\gamma_{R,e}$		1,00	1,00
Резултати	Weight [kN]		1531.92
	Ground water (S) [kN]		127.17
	Ground water (T) [kN]		17.63
	Dowels [kN]		67.32
	Earthquake [kN]		153.19
	Driving force [kN]		1185.83
	Resisting force [kN]		1260.46
	Factor of safety		1,06

При анализите е користен програмскиот пакет APF Plane Failure. Заради неправилната геометрија на блоковите и косината, некои елементи на косината и пукнатинските системи се усреднети. Анализирани се случаи на планарен лом вдолж пукнатините со елементи на пад 360/48 во комбинација со тензиона пукнатина (170/85). Овој модел на лом е и најмеродавен според т.н. кинематски услови за лом. Применет е ПП 1, комбинација 2, иако софтверот овозможува различни комбинации на оптоварувања и паралелна споредба на резултатите од методи на гранична рамнотежа со методите на гранични состојби за избран ПП. Веројатноста на лом и ризиците од тоа исто така може да се опфатат. Сепак, треба да се истакне дека изборот на моделот за анализа е пресуден, а самите постапки за пресметка се релативно полесни за примена. Лошо формулираните геолошки и ГМ од ниво 1 и 2 носат доста скриени замки, кои не е лесно да се надминат дури ни од искусни експерти. Ова кај карпестите маси е посебно тешко при дефинирање на сите карактеристики на пукнатините (дисконтинуитетите воопшто), за што треба да се користат [3] и [4]. Прашање кое се наметнува е дали ПФ треба да се задаваат кај „крајно“ дефинираните вредности на аголот на внатрешно триење и кохезијата на карпест масив (кои зависат од серија на влијанија!) или, пак, треба да се воведат ПФ за JRC и JCS. Ваков вид на дилеми (мултидилеми) не се присутни само за методите на анализа во цврстите испукани карпи, туку и кај почвените материјали, а особено е проблематична преодната група на т.н. тврди почви кон меки карпи. Овие прашања се едни од критичните во понатамошниот развој на ЕК7.

5. ЗАКЛУЧОК

Дискусиите поврзани со начинот на примена на принципите за анализа развиени во механиката на карпи во ЕК7 се сè уште интензивни во стручната и научната јавност, иако Комисијата формирана од ISRM за развој на ЕК7 го заврши својот мандат. Од друга страна, не е јасно каков е одзивот кај останатите надлежни комисии за ЕК7, кои на крај треба да ја формулираат завршната верзија на втората генерација на ЕК7. Може да се истакне дека во текот на работата не само што се потврдуваат дилемите кои биле и порано присутни, туку се појавуваат и серија на нови прашања. Во овој контекст, прикажани се одредени идеи кои и претходно се константно презентирани, преку учество во комисии на ISSMGE. Од прикажаните анализи се цени дека најтешкиот дел е поврзан со адекватно вклучување на соодветни постапки за анализа на дисконтинуалната средина. Според мислењето на авторите, клучно е да се потенцира значењето на соработката меѓу различни групи на експерти, и низ пристапот на повеќедимензионално разгледување на проблемот може да се дојде до решение. Се стекнува мислење дека преовладува ставот да се бара најдобро решение за овој момент, но, исто така, впечаток е дека доста аспекти ќе останат недоволно разјаснети и во новата генерација на ЕК7. Во очекување на него, останува да лебди прашањето: Еврокод 7 и механика на карпи – проблем или предизвик?

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Bond A. (2019). The Role of the Ground Model in the 2nd generation of Eurocode 7. <http://ukgeohazards.info/assets/the-role-of-the-ground-model-in-the-2nd-generation-of-eurocode-7>
- [2] Harrison J.P., Alejano L., Bedi A., Ferrero A.M., Lamas L., Mathier J.F., Migliazza R., Olsson R., Perucho A., Sofianos A., Stille H., Virely D., Wittke M. (2015). Rock engineering design and the evolution of Eurocode 7: The critical six years to 2020. Proceedings of the 13th ISRM International Congress of Rock Mechanics. Montreal, Canada.
- [3] ISRM. (2015). Suggested Methods for Rock Characterization, Testing and Monitoring: 2007-2014; R. Ulusay (ed.). ISBN 978-3-319-07712-3 ISBN 978-3-319-07713-0 (eBook), DOI 10.1007/978-3-319-07713-0, Springer Cham Heidelberg New York Dordrecht London
- [4] ISRM. (2007). Suggested Methods for Quantitative Description of Discontinuities in Rock Masses. In R. Ulusay & J.A. Hudson. (eds), The Complete ISRM Suggested Methods for Rock Characterization, Testing and Monitoring: 1974–2006. Ankara, Turkey. 2007
- [5] Jovanovski M. (2001). A Contribution on the Methodology of Investigation of the Rock Masses as a working media. Doctoral thesis, University "Ss. Cyril and Methodius", Civil Engineering Faculty. Skopje, R. Macedonia.

- [6] Jovanovski M., Papić J.Br., Pesevski I. (2016). Synchronizing of geotechnical investigations with ground's and structures complexities. National / EU Ground Engineering Registration, Workshop Meeting. Leuven, Belgium.
- [7] Jovanovski M., Papić Br. J, Peshevski I., Dimitrievski T. (2021). Breakthrough of rocks in Eurocode 7. Earthquake engineering and Geotechnical aspects of civil engineering, International Conference. Vrnjačkabanja, Serbia.
- [8] Jovanovski M., Peshevski I., Papić J. Br. (2020). An approach for adapting geotechnical investigations to the cases of Rock Mass Structure Interaction – Applicability to Eurocode 7. Recent Trends in Rock Mechanics, Workshop meeting. Ljubljana, Slovenia.
- [9] Knill J.L. (2003). Core values: the first Hans-Cloos lecture. Bulletin of Engineering Geology and the Environment 62:1-34
- [10] Kujundžić B. (1973).Sadržina i metodika izrade inženjersko-geoloških preseka i inženjersko-geoloških i geotehničkih modela. Saopštenja IX kongresa Jugoslovenskog komiteta za visoke brane. Zlatibor, Jugoslavija.
- [11] Lamas L., Perucho A., Alejano L.R. (2014). Some Key Issues Regarding Application of Eurocode 7 to Rock Engineering Design. ISRM Regional Symposium – EUROCK 2014. Doi:10.1201/b16955-254. Vigo, Spain.
- [12] Lowson A.R., Bieniawski Z.T. (2013). Critical Assessment of RMR based Tunnel Design Practices: a Practical Engineer's Approach. Rapid excavation &tunneling conference. Washington, USA.
- [13] Mahmoud M.H, Mansour F.M. (2017). Limit States Design of Weak Rock Slopes: Proposal for Eurocode Partial Factors. Engineering 191, pp.1161-1168. doi:10.1016/j.proeng.2017.05.291
- [14] Mathe L., Ferentinou M. (2021). Rock slope stability analysis adopting Eurocode 7, a limit state design approach for an open pit. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 833, Mechanics and Rock Engineering, from Theory to Practice. Turin, Italy.
- [15] Miranda T., Martins F., Araujo N. (2012). Design of spread foundations on rock masses according to Eurocode 7. Harmonising Rock Engineering and the Environment. 12th Int. Congress on Rock Mechanics. Beijing, China. ISBN 978-0-415-80444-8, doi: 10.1201/b11646-373
- [16] Nilsen B. (2000). New trends in rock slope stability analyses. Bull.Eng.Geol.Env. 58, 173–178. Doi:10.1007/s100640050072
- [17] Palmström A., Stille H. (2015). Rock Engineering. Second edition. Book published by ICE. Publishing (Thomas Telford), 444p. London, UK.
- [18] Papić J., Dimitrievski Lj., Prolović V. (2012): Value of partial factors for EC7 slope stability analysis: solved “mystery”?, 3rd International Conference on New Developments in Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, pp193-198. Nicosia, Cyprus.
- [19] Pavlović N. (1996). O metodologiji geotehničkog modeliranja. The International Conference: Trends in the Development of Geotechnics. Str. 239-248. Beograd, SRJ.
- [20] Vagnon F., Bonetto S., Ferrero A. M., Harrison J. P., Umili G. (2020): Eurocode 7 and Rock Engineering Design: The Case of Rockfall Protection Barriers. Geosciences, 10(8), 305.doi:10.3390/geosciences10080305
- [21] Walter H. (2017). Consideration of Rock Engineering in Eurocode 7 (EN 1997), Current state of the amendment. Workshop: Rock Mechanics in EC7, 66th Geomechanics Colloquium of Austrian Society for Geomechanics. Salzburg, Austria.